

# VIRTUAL REALITY AND REAL TIME SIMULATION WITH SIMMECHANICS AS REAL VISUALIZATION OF MECHANISMS

## Case Study: Material Handling Robot With 6 DoF

**Hariyanto Gunawan<sup>(1)</sup>, Ian Hardianto Siahaan<sup>(2)</sup>, Willyanto Anggono<sup>(3)</sup>**

Mechanical Engineering Department, Faculty of Industrial Technology  
Petra Christian University<sup>(1,2,3)</sup>

*Product Innovation and Development Centre Petra Christian University<sup>(1,2,3)</sup>*

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236

E-mail : [hariyanto@peter.petra.ac.id](mailto:hariyanto@peter.petra.ac.id)<sup>(1)</sup>, [ian@peter.petra.ac.id](mailto:ian@peter.petra.ac.id)<sup>(2)</sup>, [willy@petra.ac.id](mailto:willy@petra.ac.id)<sup>(3)</sup>

### **Abstract**

*Virtual Reality dan Simulation merupakan teknologi yang baru, namun teknologi ini sangat dibutuhkan oleh industri untuk membantu mereka dalam merancang suatu desain baru atau mengembangkan desain yang telah ada. Banyaknya tuntutan akan desain produk yang memiliki nilai estetika tinggi, kuat dan tangguh, biaya produksi yang lebih murah, simulasi dinamik dari desain serta kepresisian yang tinggi, maka diperlukan suatu perangkat yang mampu memberikan solusi bagi tuntutan-tuntutan di atas. Dalam hal ini perangkat tersebut berupa perangkat lunak (software tool).*

*Software tool untuk Virtual Reality dan Simulation cukup banyak jenisnya, namun tidak semua jenis software sesuai atau dapat digunakan untuk industri, karena terdapat beberapa informasi yang diperlukan oleh industri seperti analisis kinematik dan analisis dinamik. Dalam kasus Material Handling Robot with 6 DoF, digunakan SimMechanics untuk menjawab tantangan tersebut.*

*SimMechanics Merupakan bagian dari Simulink Physical Modeling yang juga merupakan bagian dari software MATLAB. Model dan desain dari sistem, dibuat berdasarkan prinsip dasar fisika. Model akan bergerak sesuai dengan pengaturan sistem control pada simulink. Operasi matematika dan signal diberikan pada blok-blok pada simulink yang merepresentasikan komponen-komponen mekanisme dan hubungannya satu dengan lainnya secara langsung.*

*Dengan SimMechanics, dapat dibuat suatu model dan dapat dilakukan simulasi suatu sistem mekanisme yang telah dilengkapi dengan massa, kecepatan, kinematik konstrain, dan koordinat sistem untuk mengetahui analisa kinematik dan dinamik serta gerakan mekanisme. Hasil dari Virtual Reality dan Simulation ini dapat membantu dalam menganalisa kinematik maupun dinamik suatu desain sistem mekanisme serta sebagai solusi visualisasi nyata secara 3-D dalam desain sistem mekanisme.*

**Kata kunci : Virtual Reality, SimMechanics, Simulation**

## **1. PENDAHULUAN**

Pada saat ini banyak teknologi simulasi yang telah digunakan pada industri-industri. Pada umumnya digunakan oleh bagian research and development dari industri tersebut. Teknologi simulasi mulai dikembangkan pada tahun 1964 di Inggris. Di Indonesia sendiri mulai banyak digunakan akhir-akhir ini.

Banyaknya tuntutan akan desain produk yang memiliki nilai estetika tinggi, kuat dan tangguh, biaya produksi yang lebih murah, simulasi dinamik dari desain serta kepresisian yang tinggi, maka diperlukan suatu perangkat yang mampu memberikan solusi bagi tuntutan-tuntutan di atas. Dalam hal ini perangkat tersebut berupa perangkat lunak (software tool).

Penggunaan teknologi simulasi ini sangat berdampak positif bagi kalangan industri, karena biaya yang diperlukan untuk melakukan uji coba lebih sedikit daripada industri harus melakukan percobaan tanpa melalui proses simulasi terlebih

dahulu. Dengan bantuan simulasi menggunakan software maka dapat diprediksi lebih awal mengenai kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi pada desain yang direncanakan. Selain itu mereka dalam mengoptimalkan desain yang dirancang sebelum dibuat prototype-nya..

Software untuk simulasi sebenarnya sangat banyak sekali jenisnya. Namun tidak semuanya dapat digunakan oleh industri khususnya yang bergerak di bidang engineering, karena pada industri engineering terdapat beberapa informasi yang diperlukan yang mana informasi tersebut akan diolah kembali. Beberapa informasi yang umum diperlukan oleh industri engineering antara lain: analisa kinematis dan analisa dinamis.

Pada penelitian ini akan digunakan software SimMechanic. Software ini merupakan bagian dari Simulink Physical Modeling yang juga merupakan bagian dari software Matlab. Selain itu juga akan digunakan software Solidwork untuk membuat modeling 3D. Studi kasus yang diambil yaitu

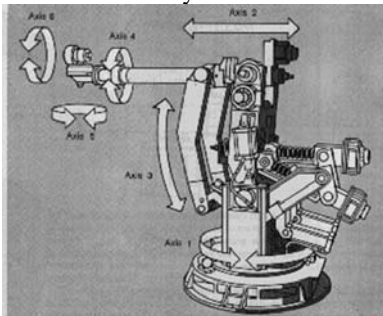
material handling robot dengan 6 derajat kebebasan (DoF). Dengan software Solidworks akan dibuat model robot secara 3 dimensi, kemudian akan dilakukan export data ke bentuk “XML” sehingga dapat dibaca oleh Matlab. Selanjutnya dengan software SimMechanics pada Matlab akan dibuat blok-blok yang merepresentasikan komponen-komponen mekanisme dan hubungannya satu dengan lainnya secara langsung. Untuk pengontrolan dilakukan pada SimMechanics.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Robot dengan 6 DoF

Degree of Freedom (DoF) merupakan arah kebebasan robot bergerak apabila joint digerakkan actuator. Setiap joint mewakili satu derajat kebebasan. Banyaknya bilangan DoF bergantung pada kerja yang dilakukan oleh robot dan jenis konfigurasi robot. Kebanyakan robot untuk material handling memiliki 5 atau 6 DoF, karena 6 DoF mewakili pergerakan lengan dan tangan manusia.

Beberapa pergerakan yang dilakukan arm dan body antara lain: vertical movement (pergerakan ke atas dan ke bawah oleh arm), radial traverse (pergerakan extension dan retraction arm), rotational traverse (pergerakan putaran tapak robot). Selain itu pada wrist (pencekam) terdapat pergerakan: wrist pitch, wrist roll dan wrist yaw.



Gambar 2.1. Pergerakan Arm dan Body Robot

Selain degree of Freedom juga terdapat sendi-sendi robot (Robot joint) yang mana menghubungkan antara link satu dengan link lainnya. Beberapa jenis joint antara lain: Linear, rotary, sliding dan spherical.

### 2.2. Software SimMechanics

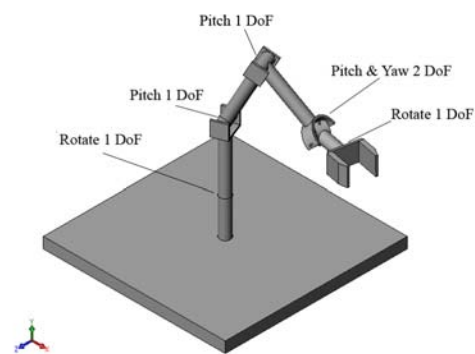
Simulasi dinamik adalah problem umum pada engineering dan science. Beberapa program dapat digunakan untuk perhitungan dan solusi gerakan dinamis, atau program numerik yang menghitung dinamik berdasarkan model 3D. Model dan desain dari sistem dibuat berdasarkan prinsip dasar fisika. Model akan bergerak sesuai dengan pengaturan sistem control pada Simulink. Operasi matematika dan signal diberikan pada blok-blok pada simulink yang merepresentasikan komponen-komponen mekanisme dan hubungannya satu dengan lainnya secara langsung.

Blok terdiri dari block libraries untuk body, joint, sensor dan actuator, constraint dan drivers dan force element. Standar simulink block memiliki input dan output port. Hubungan antara block-block disebut signal lines, yang merepresentasikan input dan output dari fungsi matematika.

Pada SimMechanics terdapat 4 jenis analisa yaitu: (1) Forward Dynamics, yang menghitung gerakan mekanisme yang dihasilkan dari gaya/torsi yang diberikan dan konstrain. (2) Inverse Dynamics, menemukan gaya/torsi yang diperlukan untuk menghasilkan gerakan tertentu untuk open loop systems. (3) Kinematics, sama untuk closed system dengan memasukkan tambahan internal konstrain dari struktur tersebut. (4) Trimming, mencari steady/equilibrium state dari gerakan sistem dengan command Simulink trim. Ini banyak digunakan untuk menemukan starting point untuk analisa linear.

SimMechanics dapat melakukan visualisasi dan animasi dengan 2 cara, yaitu: (1) membuat Handle Graphics tool, yang menggunakan standard Handle Graphics facilities. Body mesin dapat direpresentasikan sebagai convex hull, yang mana adalah surface minimum area dengan convex curvature yang melalui atau mengelilingi semua titik fix pada body. (2) dengan merepresentasikan body sebagai equivalent ellipsoids, yang merupakan ellipsoids center pada center of gravity body, dengan momen inersia principal sama dan principal sumbu sebagai body.

### 2.3. Model Robot

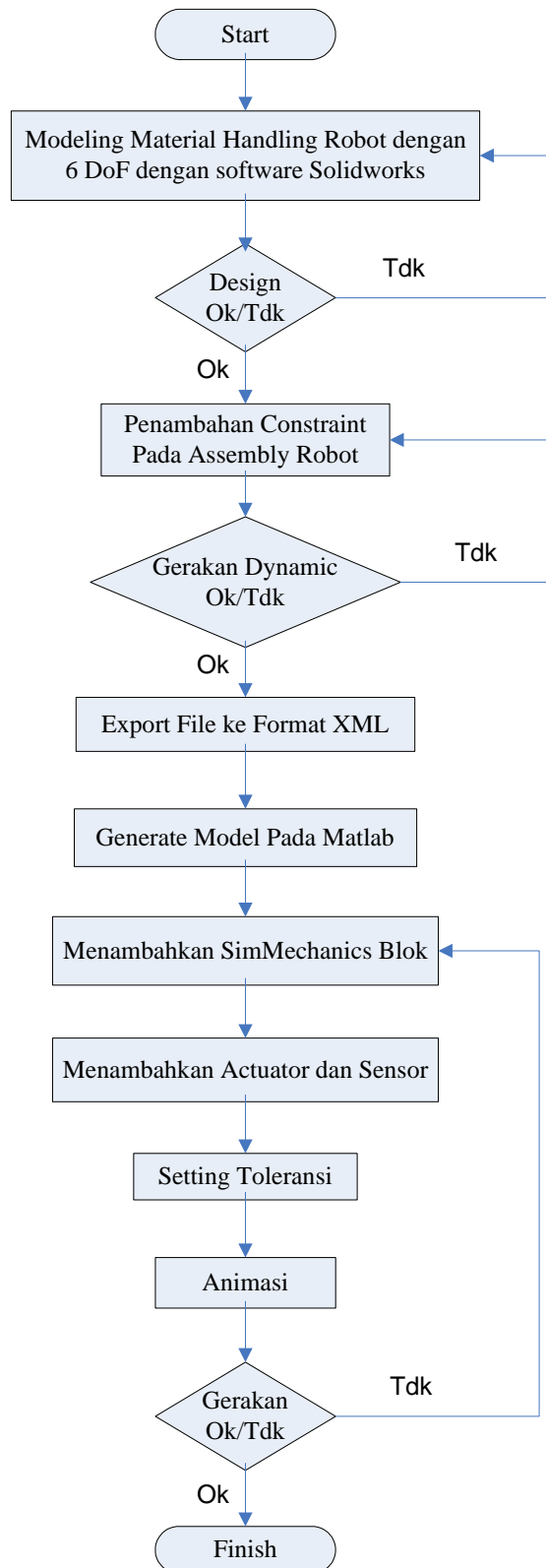


Gambar 2.2 Model Material Handling Robot dengan 6 DoF

Material handling robot memiliki 6 DoF yaitu Rotate (1 DoF) antara base dengan link 1, pitch (1 DoF) antara link 1 dengan link 2, pitch (1 DoF) antara link 2 dan link 3, yaw dan pitch (2 DoF) antara link 3 dan link 4, rotate (1 DoF) antara link 4 dengan wrist.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Langkah-langkah Penelitian

#### 4. DISKUSI DAN PEMBAHASAN

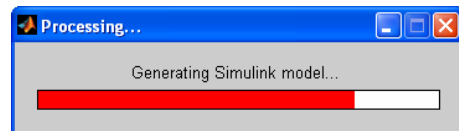
Setelah Membuat Modeling Material Handling Robot dengan software Solidworks, langkah berikutnya adalah menambahkan material pada robot tersebut sehingga dapat diketahui volume, surface

area, density, mass, principal moment of inertia pada center of gravity. Selain itu juga ditambahkan konstrain untuk menentukan degree of freedom dari masing-masing sambungan. Selanjutnya file disimpan ke format “XML” agar dapat dibaca oleh software Matlab.

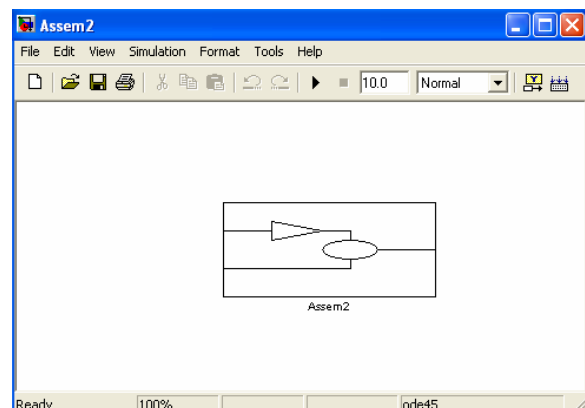
Tabel 4.1. Massa dan Center of Gravity Robot

	Mass (gr)	Center of Gravity (mm)		
		X	Y	Z
Base	20,507.1197	250.0000	16.0573	-250.0000
Link 1	314.0661	0.0000	112.8759	0.0000
Link 2	427.6035	0.0000	86.4028	0.0000
Link 3	372.5423	0.0000	74.3301	-0.0005
Link 4	142.6542	0.0000	47.1415	0.0000
Link 5	236.9823	0.0000	-10.8020	0.0000

Berikutnya adalah generate model pada Matlab, dengan memasukkan `import_physmod ('assemb2')` pada command line. SimMechanics secara otomatis akan membuat model robot berdasarkan file XML yang dibuat.



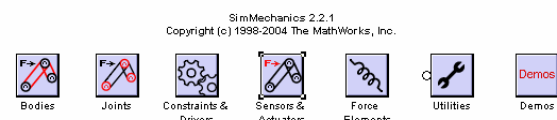
Gambar 4.1. Generating Model Processing



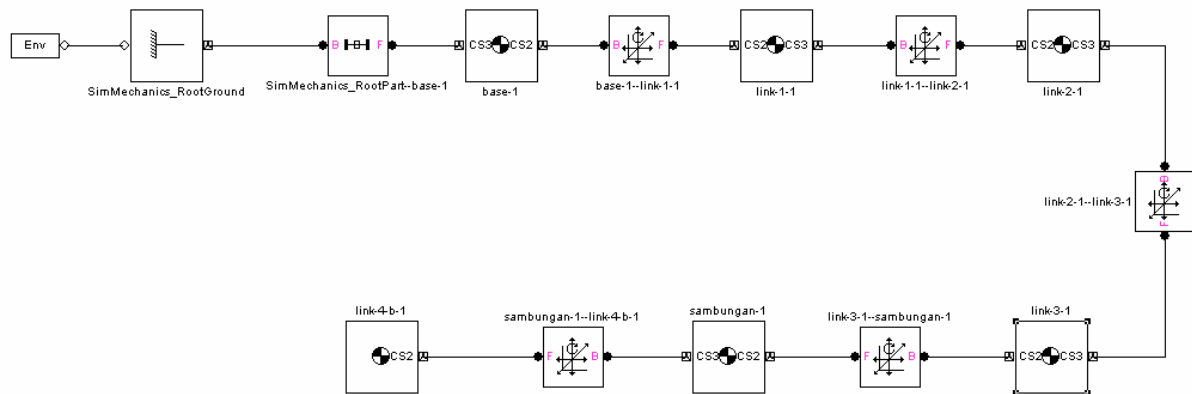
Gambar 4.2. Diagram Blok Struktur Robot

Pada subsystem, apabila dibuka maka terdapat 20 blok, yang mendefinisikan root ground, root weld, root part, masing-masing part serta hubungan antara part-part tersebut.

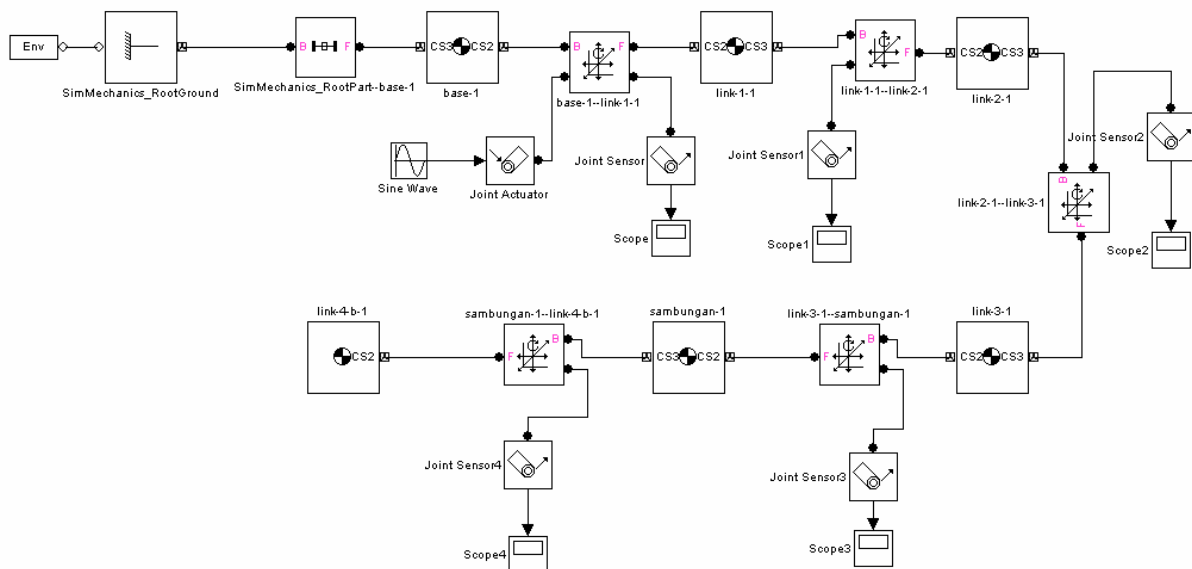
Pada bagian dalam subsystem, akan ditambahkan blok-blok actuator dan sensor untuk mengontrol gerakan. Selain itu juga ditambahkan blok-blok yang terdapat pada simulink.



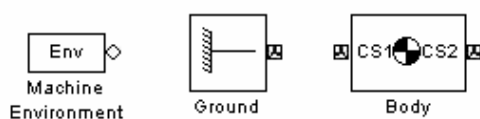
Gambar 4.3. Actuator dan Sensor Library



Gambar 4.4. Blok Yang Terdapat Di Dalam Subsystem



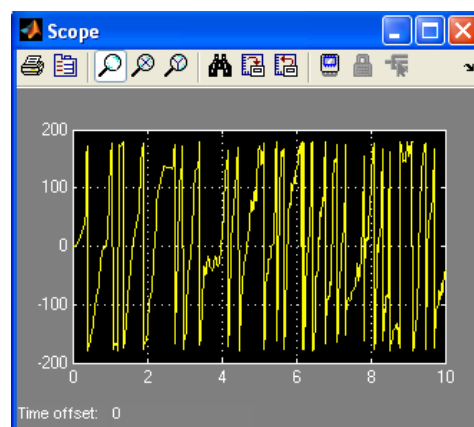
Gambar 4.5. Subsystem Yang Telah Ditambahkan Actuator dan Sensor



Gambar 4.6. Body library

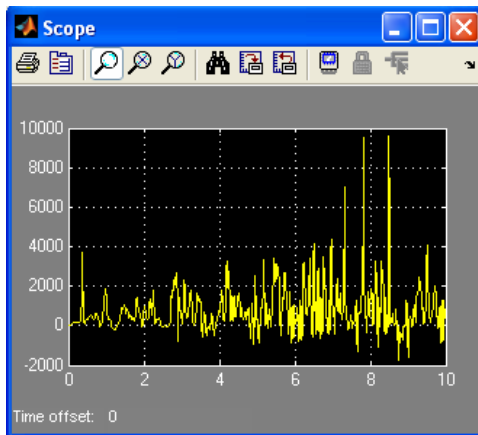
Setelah pada subsystem ditambahkan blok-blok actuator, sensor, sine wave dan scope blok, seperti pada gambar 4.5.

Dari blok-blok yang telah ditambahkan, melalui sensor joint dapat dilihat beberapa informasi antara lain angle, angular velocity, angular acceleration, compute torque, reaction torque, dan reaction force. Melalui scope blok dapat terlihat grafiknya. Pada masing-masing joint diberikan sensor sehingga dapat diketahui informasi dari kondisi-kondisinya.

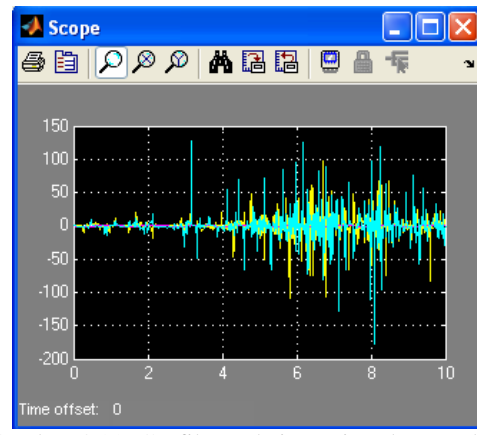


Gambar 4.7. Grafik Angel Pada Revolute Joint 1

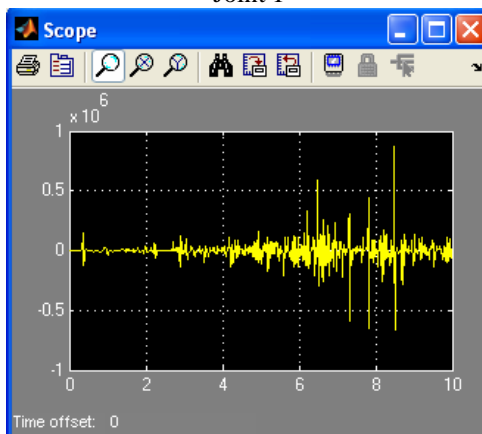
Dari gambar 4.7 menunjukkan sudut yang terjadi pada revolute joint dengan batasan waktu 10 detik.



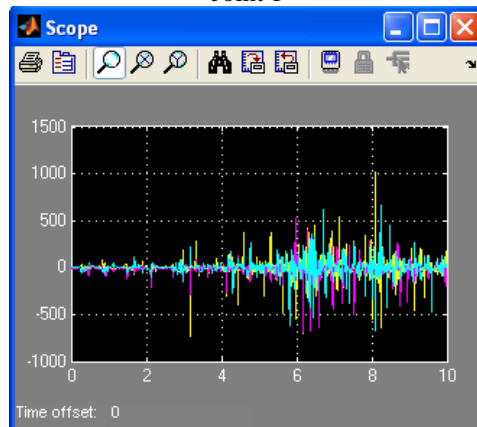
Gambar 4.8. Grafik Angular Velocity Pada Revolute Joint 1



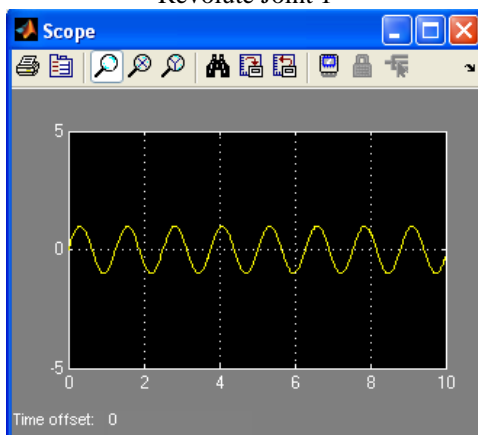
Gambar 4.11. Grafik Reaksi Torsi Pada Revolute Joint 1



Gambar 4.9. Grafik Angular Acceleration Pada Revolute Joint 1



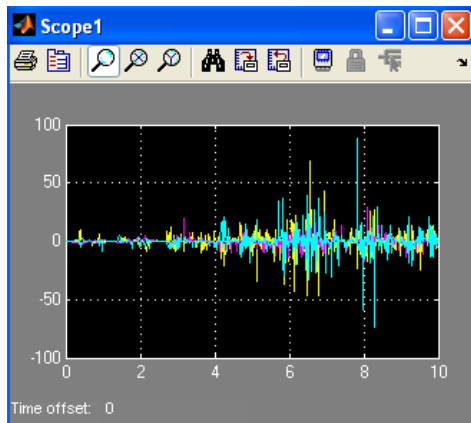
Gambar 4.12. Grafik Reaksi Gaya Pada Revolute Joint 1



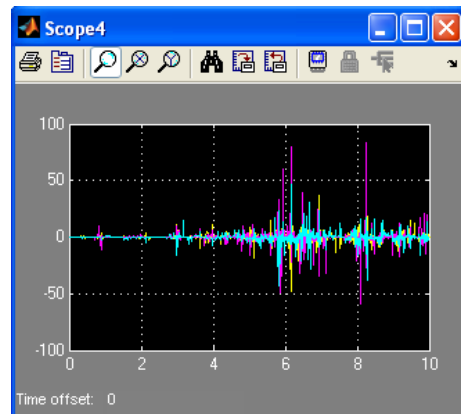
Gambar 4.10. Grafik Torsi Yang Terjadi Pada Revolute Joint 1

Gambar 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 menunjukkan informasi-informasi mengenai kecepatan angular, percepatan angular, torsi yang terjadi, torsi reaksi yang terjadi serta gaya reaksi yang terjadi pada sambungan/joint 1. Pada gambar 4.11 terlihat terdapat beberapa garis dengan warna yang berbeda, hal ini untuk menunjukkan torsi yang terjadi maupun torsi reaksi yang terjadi, yang mana ditunjukkan dalam satu grafik secara bersamaan. Demikian pula pada gambar 4.12 yang menunjukkan reaksi gaya yang terjadi.

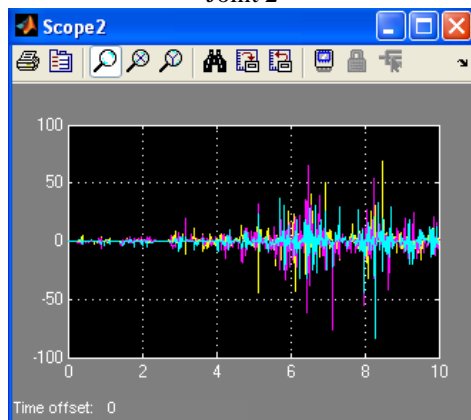
Untuk beberapa torsi reaksi dan gaya reaksi yang terjadi pada masing-masing joint, dapat dilihat pada gambar-gambar berikut.



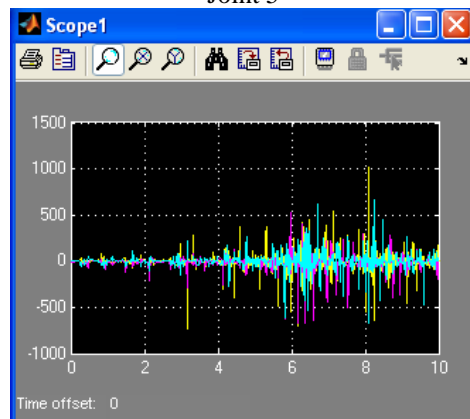
Gambar 4.13. Grafik Reaksi Torsi Pada Revolute Joint 2



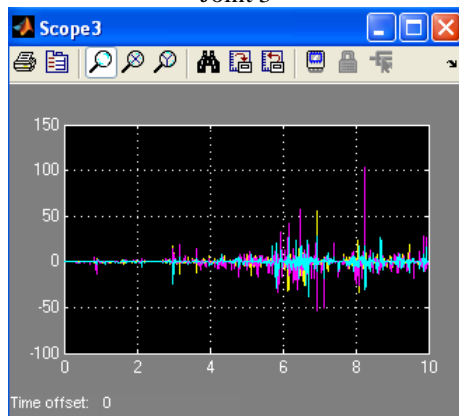
Gambar 4.16. Grafik Reaksi Torsi Pada Revolute Joint 5



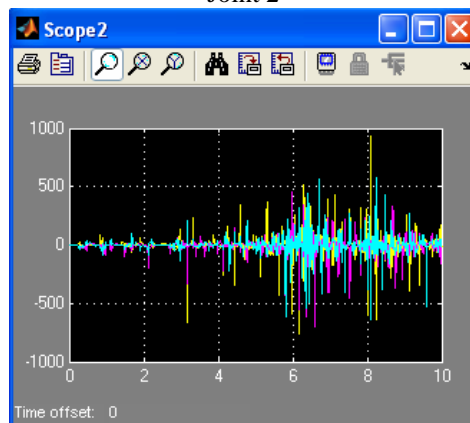
Gambar 4.14. Grafik Reaksi Torsi Pada Revolute Joint 3



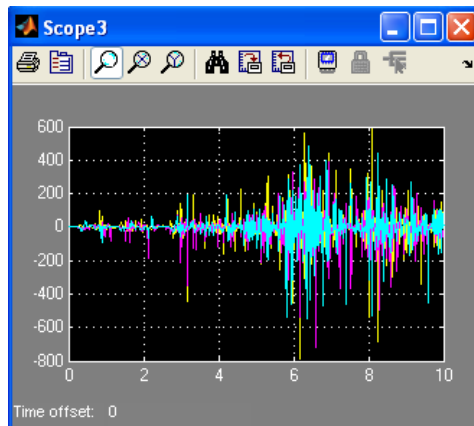
Gambar 4.17. Grafik Reaksi Gaya Pada Revolute Joint 2



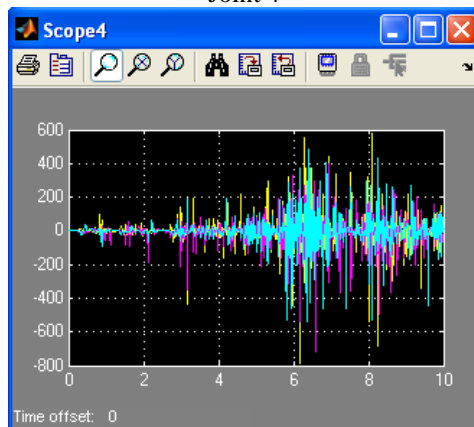
Gambar 4.15. Grafik Reaksi Torsi Pada Revolute Joint 4



Gambar 4.18. Grafik Reaksi Gaya Pada Revolute Joint 3



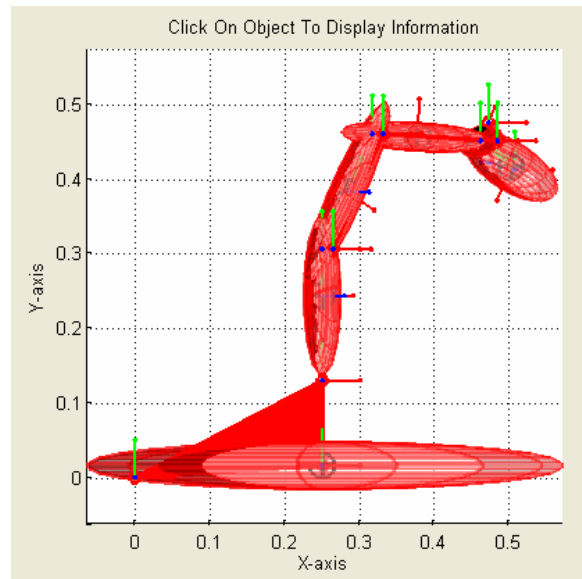
Gambar 4.19 Grafik Reaksi Gaya Pada Revolute Joint 4



Gambar 4.20. Grafik Reaksi Gaya Pada Revolute Joint 5

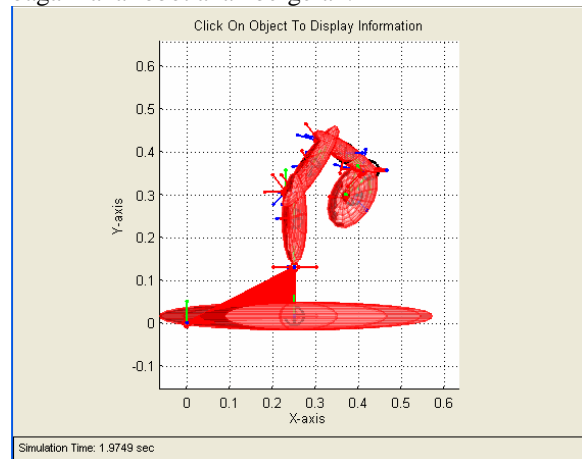
Berbagai inisial condition dapat dilakukan, antara lain amplitudo, frekuensi, phase ataupun sample waktu.

Animasi dari model dapat dibuat dengan melakukan setting pada configuration parameter dan animate machine during simulation. Untuk animasi terdapat pilihan yang menunjukkan rangka atau ellipsoids.

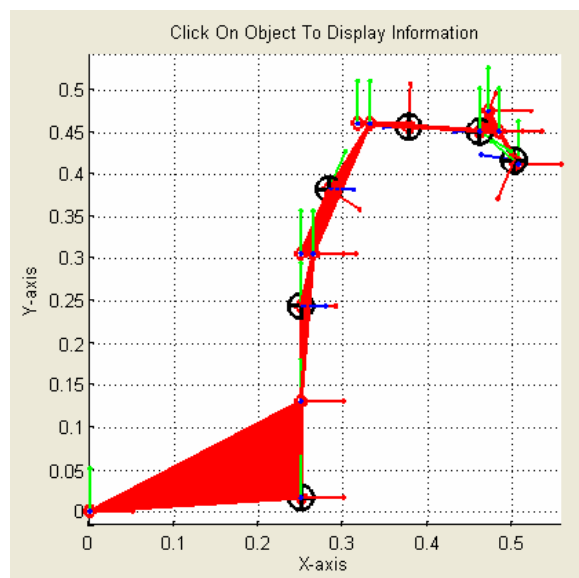


Gambar 4.22. Model Ellipsoids Robot

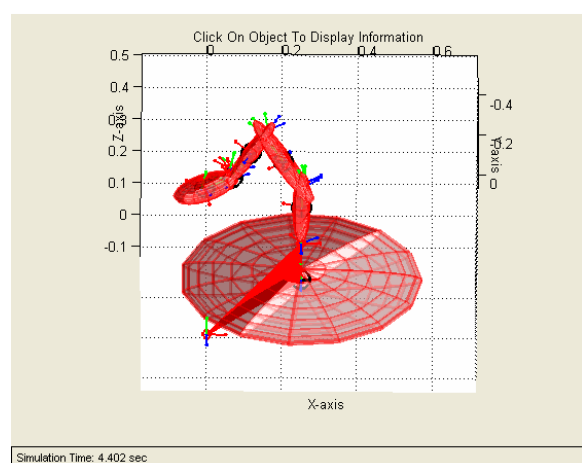
Animasi kemudian dijalankan dan akan terlihat bagaimana robot akan bergerak.



Gambar 4.23. Posisi Robot Pada Waktu 1.9749 detik



Gambar 4.21. Model Rangka Robot



Gambar 4.24. Posisi Robot Pada Waktu 4.402 detik

Dari gambar 4.23 dan 4.24 terlihat gerakan robot yang bergerak berdasarkan waktu.



## 5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan dengan menggunakan teknik simulasi dan visualisasi dapat memfasilitasi untuk mendapatkan suatu design yang optimal. Selain itu dengan software SimMechanics yang mana digunakan pada penelitian ini untuk membuat virtual reality dan simulasi maka dapat diperoleh informasi-informasi secara teknis yaitu kecepatan sudut, percepatan sudut, torsi yang terjadi, torsi reaksi yang terjadi, dan gaya reaksi yang terjadi. Juga simulasi yang dilakukan adalah real time yang mana waktu yang menunjukkan simulasi merupakan waktu yang terjadi secara actual, sehingga hal ini sangat membantu sekali dan menghindari terjadinya kesalahan yang fatal apabila design tersebut diterapkan di industri.

## REFERENSI

- [1] Schlotter, Michael, Multibody System Simulation With SymMechanics, May 2003.  
[http://people.batch.ac.uk/enpms/pdf\\_files/sem03sm\\_report.pdf](http://people.batch.ac.uk/enpms/pdf_files/sem03sm_report.pdf)
- [2] Crane, Carl D and Joseph Duffy, Kinematic Analysis of Robot Manipulators, Publish by The Press Syndicate of The University of Cambridge, 1998.
- [3] Dede, Mehmet Ismet Can and Sabri Tosunoglu, Development of Real-Time Force-Reflecting Teleoperation System Based on Matlab Simulation, Florida Conference on Recent Advances in Robotic, FCRAR 2006, pp 1-8, 2006.
- [4] Niemeyer, G, and Slotine, J, Using Wave Variable for System Analysis & Robot Control, In IEEE ICRA, Albuquerque, NM, April 1997.
- [5] R. Featherstone. The Calculation of Robot Dynamics Using Articulated-body Inertias, International J. of Robotics, 1983, 2(1), 13-29.